

## Demokratisierter Leichtbau\*

KLAUS DILGER

Institut für Füge- und Schweißtechnik, Technische Universität Braunschweig  
Langer Kamp 8, D-38106 Braunschweig

Stetig gestiegene Anforderungen hinsichtlich Komfort, Sicherheit und Fahrdynamik haben lange Zeit zu einem ansteigenden Fahrzeuggewicht bei Modellwechseln innerhalb eines Fahrzeugsegments geführt. Dieser Trend konnte erst vor wenigen Jahren durch den intensiven Einsatz von Leichtbauwerkstoffen (Leichtmetalle, höchstfeste Stähle, faserverstärkte Kunststoffe) gestoppt und in eine aktuell stagnierende bzw. leicht abnehmende Gewichtstendenz bei Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben überführt werden. Diese Tendenz und der damit verbundene Fokus auf das Forschungsgebiet Leichtbau ist speziell beim Einsatz alternativer Antriebssysteme und vor dem Hintergrund des in der deutschen Automobilindustrie erreichten Standards an Qualität, Ökologie und Wirtschaftlichkeit zu schärfen.

### Grundlegendes zum Leichtbau im Fahrzeugbau

Leichtbauweise ist eine Konstruktionsphilosophie, die maximale Gewichtseinsparung bei gleich bleibenden oder verbesserten Eigenschaften zum Ziel hat.

Dabei handelt es sich um den Einsatz von Werkstoffen, Konstruktionen und Fertigungstechnologien, die für den jeweiligen Anwendungszweck ausgelegt werden. Daraus resultiert häufig ein Mix aus verschiedenen Leichtbauwerkstoffen mit ihren spezifischen Eigenschaften. Bauteilgeometrien sowie Be- und Verarbeitungsverfahren dieser Materialien sind dabei zu berücksichtigen.

Leichtbau bedeutet somit nicht die Substitution von konventionellen Materialien, deren Gestaltung und Auslegung, Herstellungstechnologien und Weiterverarbeitung, sondern eine sinnvolle Kombination der Gebiete

- werkstoffbezogener Leichtbau
- konstruktiver Leichtbau
- fertigungsbezogener Leichtbau,

---

\* Der Vortrag wurde am 14.03.2014 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

d.h., die Ausnutzung spezieller innovativer Fertigungs- und Konstruktionsmöglichkeiten der Leichtbauwerkstoffe.

Klassische Leichtbauwerkstoffe sind höher- und höchstfeste Stähle, Aluminiumlegierungen, Magnesiumlegierungen, faserverstärkte Kunststoffe und Sandwichmaterialien. Diese Werkstoffe können als großflächige Halbzeuge und Bauteile vorliegen, wie z.B. als Bleche im Falle der Stähle oder Aluminium-Legierungen. Für Anwendungen in den tragenden Fahrzeugstrukturen kommen häufig massivere Bauteile zum Tragen. Eine große Rolle spielen hier (geschlossene) Profile, die z.B. mittels Strangpressen hergestellt werden.

Leichtbau hat sich in verschiedenen Formen in den letzten Jahren zu einem maßgebenden Stellhebel für den Mobilitätssektor zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und zur nachhaltigen Verringerung des Rohstoffverbrauchs entwickelt und wird dauerhaft ein wesentlicher Treiber zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen bleiben. Aktuelle Studien belegen, dass der mit dem Einsatz alternativer Antriebskonzepte verbundene Gewichtsanstieg von Fahrzeugen einen weiteren Anstieg des Anteils von Leichtbauwerkstoffen im Karosseriebau erforderlich macht. Es wird erwartet, dass der Markt für Leichtbaukomponenten aus hochfesten Stählen, Leichtmetallen und faserverstärkten Kunststoffen in der Automobilindustrie von heute 70 Mrd. € auf ca. 300 Mrd. € im Jahr 2030 wachsen wird.

Ein entscheidender Beitrag zur Senkung von Emissionen und zur Erfüllung der strengen EU-Gesetzgebung, die sich auf den durchschnittlichen maximalen CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Fahrzeugflotte eines Herstellers bezieht, liegt in der Gestaltung der Karosserie von Fahrzeugen der Großseriensegmente aus Leichtbauwerkstoffen. Hier verursachen bereits moderate Gewichtseinsparungen je Fahrzeug einen großen kumulativen Effekt und liefern folglich einen signifikanten Beitrag zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes der Gesamtflotte.

Bei der Umsetzung von Leichtbaustrategien müssen die Automobilhersteller die Technologien und Fertigungsprozessketten möglichst kompatibel zur bestehenden Anlagentechnik gestalten. Dabei müssen hohe Neuinvestitionen vermieden, Rohstoffe mit hoher Verfügbarkeit eingesetzt und die Erfahrungen im Umgang mit den eingesetzten Fertigungstechnologien mit dem Ziel einer hohen Wirtschaftlichkeit verbunden werden. Hieraus leiten sich die klassischen Ansätze des Stahl-Mischbaus und des Stahl-Aluminium-Mischbaus ab. Beide Leichtbaukonzepte beruhen auf langjährig optimierten und in den Grundzügen weitgehend bestehenden Produktionsabläufen der Blechverarbeitung und weiter entwickelter werkstoffspezifischer Fügetechnologien.

Das Leichtbaupotenzial dieser Ansätze ist jedoch im Vergleich zu den Konzepten auf Basis faserverstärkter Kunststoffe stark eingeschränkt. Lastpfadoptimierte Bauteile und Tragstrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK) zeigen deutliche Gewichtseinsparungen bei gleicher oder höherer Steifigkeit bzw. Fes-

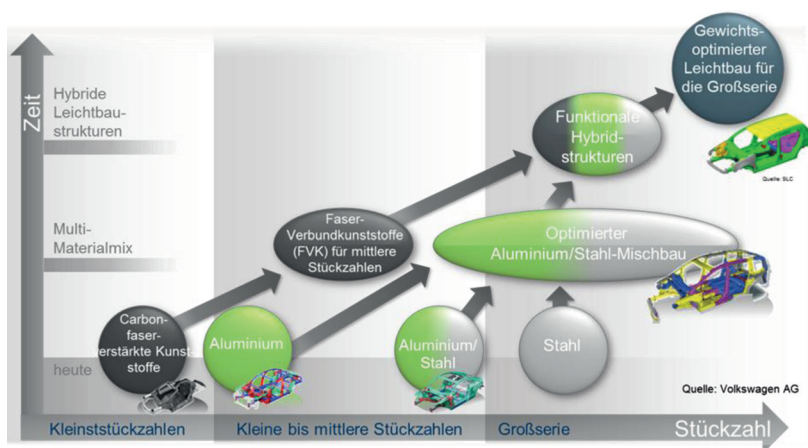


Abbildung 1: Darstellung der Hybridisierung von Werkstoffen um den gewichtsoptimierten Leichtbau in der Großserie zu ermöglichen. Quelle: Volkswagen AG.

tigkeit. Dies zeigt sich im intensiven Einsatz in der Luftfahrtbranche. Die hohen Materialkosten, der hohe Energieverbrauch bei der Herstellung und Verarbeitung, die Inkompatibilitäten zu bestehenden Fertigungsprozessen und der geringe Automatisierungsgrad haben dazu geführt, dass der Einsatz dieser Werkstoffe im Automobilbau trotz intensiver Forschung zurzeit auf Kleinserien im Rennsport-, Luxus- und Prestigesegment beschränkt ist.

Die Verbindung von FVK-Strukturen mit Stahl- bzw. Stahl-Aluminium-Strukturen ist derzeit aufgrund der hohen Materialkosten der Faserwerkstoffe nicht großserienfähig. Daneben sprechen auch die langen Prozesszeiten bei der Herstellung von FVK-Bauteilen gegen eine Produktion von Mischstrukturen mit FVK-Bestandteilen im Großserienmaßstab (Abbildung 1).

### Umsetzung des „Demokratisierten Leichtbaus“ in der Open Hybrid LabFactory

Den ökologischen und ökonomischen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte kann unter den Randbedingungen eines sich ständig verschärfenden internationalen Wettbewerbs nur erfolgreich begegnet werden, wenn sowohl Basisinnovationen wie auch inkrementelle Innovationen schnell zu einer industriellen Umsetzung gelangen. Voraussetzung dafür ist neben der schnellen und unmittelbaren Kommunikation zwischen unterschiedlichen Industrieunternehmen und einer gleichartigen Kommunikation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft die Möglichkeit, gemeinsam auf Räume und Einrichtungen zurückgreifen zu können, die eine

schnelle, wirtschaftliche und industrienähe organisatorische und technologische Umsetzung der Innovationen erlauben. Dieser Herausforderung zur Realisierung neuer Technologien haben sich die in der Open Hybrid LabFactory zusammenarbeitenden Partner gestellt.

Unter der Leitung des Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) hat sich ein Konsortium aus ausgewiesenen wissenschaftlichen Partnern, marktführenden Industrieunternehmen und hochinnovativen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) gebildet. Dieses hat sich im Rahmen der Förderinitiative „Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) mit der **„Open Hybrid LabFactory – Materialentwicklung und Produktionstechnik für den wirtschaftlichen und multifunktionalen Leichtbau“** erfolgreich dem Wettbewerb gestellt. In der einjährigen Vorphase wurden im Rahmen der einjährigen Initialprojekte wichtige Schlüsseltechnologien erarbeitet, die notwendig sind, um die Prozesskette für den **„demokratisierten Leichtbau“** in der Hauptphase umzusetzen. Zusätzlich wurde der Forschungscampus selbst weiterentwickelt. Schwerpunkte dieser Evolution waren die weitere Ausgestaltung und Präzisierung der Forschungsfelder, die Anpassung und der Aufbau einer Forschungsinfrastruktur sowie die Umsetzung und Anpassung der Organisationsform der Open Hybrid LabFactory, um unter den komplexen Randbedingungen den erfolgreichen Betrieb einer Forschungseinrichtung in einem Modell des „Public Private Partnership, PPP“ zu gewährleisten.

Die Open Hybrid LabFactory „Materialentwicklung und Produktionstechnik für den wirtschaftlichen und multifunktionalen Leichtbau“ hat sich zum Ziel gesetzt, die Planung und Herstellung hybrider Strukturen für eine neue Generation von Fahrzeugen zu entwickeln und die Voraussetzungen dafür in einer neugestalteten, örtlich konzentrierten Symbiose von Industrie und Wissenschaft zu erforschen. Hierzu muss eine derzeit noch nicht verfügbare Prozesstechnologie erarbeitet werden, die die Nachteile der bestehenden Fertigungstechnologien der FVK für hochfeste, textile Faserstrukturen eliminiert, diese aber mit den Vorteilen hoch entwickelter bestehender Prozesse vereint und gleichzeitig die kumulierten Herstellungskosten einer Komponente signifikant reduziert.

Einen wesentlichen Beitrag zu dieser dringend erforderlichen Kostenreduktion insbesondere für Kohlenstofffasern, als einer Hochleistungsfaser mit zentraler Bedeutung für den automobilen Leichtbau leistet die Erarbeitung neuer werkstofflicher und technologischer Ansätze in der Faserherstellung. Ausgangspunkt der Forschungstätigkeiten soll hier die Evaluation neuer kostengünstiger Precursoren für Kohlenstofffasern sein. In prototypischen Laboranlagen ist geplant, fadenbildende Herstellungsverfahren für alternative Precursoren zu untersuchen und technologisch zu bewerten. In nachgeschalteten Prozessschritten sollen diese neuartigen Precursor-Fäden dann zu Kohlenstofffasern konvertiert werden. Vor dem Hintergrund steigender Anforderungen an die Ressourcenschonung liegt

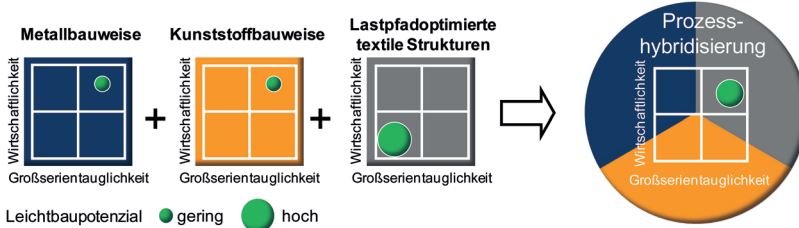


Abbildung 2: Produkt- und Prozessstrategie in der Open Hybrid LabFactory.

ein weiterer Schwerpunkt der geplanten Arbeiten auf der Untersuchung neuer Ansätze zur Nutzung regenerativer Energiequellen für die energieintensiven Fertigungsschritte der Faserherstellung, wobei vor allem die verfahrens- und maschinentechnischen Anforderungen bei Nutzung von fluktuierenden regenerativen Energiequellen näher analysiert und erste Pilotlinien prototypisch realisiert werden sollen. Diese neuartigen Prototyp-Fasern können dann in den nachgeschalteten Halbzeug- und Bauteil-orientierten Schritten der neuen hybriden Prozesskette erstmals geschlossen weiterverarbeitet werden.

Die Produkt- und Prozessstrategie der Open Hybrid LabFactory ist anschaulich in Abbildung 2 dargestellt.

Explizit wird hierbei die Entwicklung von integralen Verfahren für Multi-Material-Hybride (MMH) sowohl in flächiger als auch in profilorientierter Grundgeometrie angestrebt, um für unterschiedliche Konstruktionsprinzipien von Fahrzeugen wirtschaftliche Lösungen anbieten zu können. Die Hybridisierung (Abbildung 3) beruht auf der Synthese von Urform-, Umform- und fügetechnischen Prozessen in einem Arbeitsgang innerhalb einer Anlage. Die Idee lässt sich mit „ein Takt - ein Hybridbauteil“ zusammenfassen und zielt auf ein integriertes und funktionsspezifisch gestaltetes hybrides Werkstoffkonzept innerhalb eines Bauteils ab. Es soll ein Bauteil aus verschiedenen Materialien und Halbzeugen, die gemäß ihrer Eigenschaften lokal an der geeigneten Stelle integriert werden, in einem Schritt erzeugt werden. Gleichzeitig wird hinsichtlich der Integration des Prozesses in die gesamte Fertigungskette eine Kompatibilität zu den derzeitigen Abläufen in der Automobilfertigung gewährleistet. Die durch diese Verfahren erzeugten Multi-Material-Komponenten verbinden die spezifischen Vorteile der kombinierten Werkstoffe.

Das vorliegende Konzept beinhaltet neben der Herstellung der Produkte bzw. Bauteile und Baugruppen die Betrachtung geeigneter Rohstoffe und Halbzeuge. Aus diesem Grund wird im Rahmen des Clusters auch die Fertigungskette für Halbzeuge dargestellt. Wesentliche Bestandteile sind hier die anwendungsgerechte und wirtschaftliche Herstellung von Kohlenstofffasern und deren Weiterverarbei-

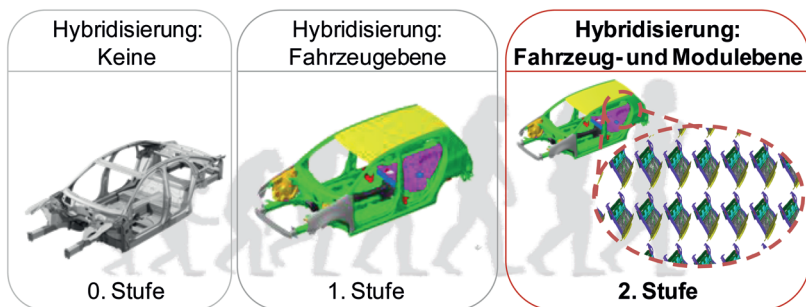


Abbildung 3: Die zweite Evolutionsstufe der Hybridisierung (Quelle: Volkswagen).

tung zu Halbzeugen, die für die vorgesehene Fertigungskette geeignet sind bzw. die Voraussetzung für eine entsprechende Fertigung darstellen. Im Folgenden sind Kernpunkte der geplanten Fertigungskette skizziert

### 1. Faserherstellung

Der Forschungsschwerpunkt der Faserherstellung umfasst eine Pilotanlage zur Herstellung von Kohlenstofffasern, die auf einer Textillege- und Wirkmaschine zu flächigen Halbzeugen weiterverarbeitet werden. Im nächsten Prozessschritt können diese in einer Imprägnieranlage mit dem Matrixwerkstoff (Kunststoff) imprägniert oder trocken weiterverarbeitet werden. Abschließend werden die imprägnierten Fasern mit entsprechender Handhabungstechnik zu mehrschichtigen Lagenpaketen (Organoblech) aufgebaut, die als Versuchsmaterialien im Rahmen der Entwicklung neuer Fertigungstechnologien eingesetzt werden.

Ein besonderer Schwerpunkt wird in diesem Zusammenhang auf die Herstellung von Kohlenstofffasern unter Nutzung regenerativer Energien gelegt. Dies ist zum einen notwendig, um im Rahmen einer Gesamtbilanzierung wirklichen Nutzen für die Umwelt zu erzielen, andererseits stellt die Nutzung regenerativer Energien zur Faserherstellung eine besondere Herausforderung dar, da diese Energien eher diskontinuierlich zur Verfügung stehen und somit ein variables Produktionskonzept für eine qualitätssichere Fertigung voraussetzen.

### 2. Integrierte Fertigungstechnologien für Hybridstrukturen

Der Forschungsschwerpunkt zur Entwicklung neuer, integrierter Fertigungstechnologien für Hybridstrukturen umfasst die Anlagentechnik für die Erforschung des Ziels „ein Takt - ein Hybridbauteil“. Die Erfüllung dieser Zielvorgabe wird durch die Untersuchung zweier Prozessrouten forciert, die beide auf die angrenzende Faserherstellung zurückgreifen:

- Eine Prozessroute untersucht Fertigungsverfahren zur kontinuierlichen, vollvariablen Herstellung von hybriden Profilstrukturen.
- Die zweite Prozessroute zielt auf die Untersuchung von flächigen Strukturen ab, die über Presstechnologien, kombiniert mit Kunststoff-Spritzgussanlagen (Multifunktionale-Spritzguss-Hybridpresse - MSH), endkonturnahe und verschnittarme Bauteile erzeugt.

Ergänzt werden die beiden Forschungsschwerpunkte durch die Bereiche Life Cycle Design & Engineering, die die für eine lebenszyklusorientierte Produkt- und Prozessentwicklung verfügbaren Softwarewerkzeuge zu einer geschlossenen Werkzeugkette verbinden. Diese Querschnittsfunktionen umfassen Engineering-Werkzeuge aus dem CAD/CAE, der numerischen Simulation von Fertigungsprozessen und Bauteileigenschaften sowie aus dem Bereich des Life Cycle Engineering & Assessment einschließlich der notwendigen Produktdatenmanagement-Systeme bzw. Schnittstellen zu Materialdeklarationssystemen. Aus dem Life Cycle Design & Engineering Lab kann auf Messdaten (Verbräuche von Energie- und Hilfsstoffen) zugegriffen werden. Hierzu wird die Anlagentechnik innerhalb der LabFactory mit entsprechender Mess- und Monitoringtechnik ausgestattet.

### **Handlungsfelder der Open Hybrid LabFactory**

Entlang der Prozesskette zur Fertigung hybrider Strukturen wurden die fünf Handlungsfelder „Konstruktion/Simulation“, „Faser/Matrix/Halbzeug“, „Bauteilherstellung und Automatisierung“, „Bauteilqualität und Prüftechnik“ sowie „Umwelt und Recycling“ zur gezielten Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen definiert (Abbildung 4). Die anwendungsgerechte Gestaltung der Forschungsinhalte wird durch mindestens je einen Handlungsfeldverantwortlichen aus Industrie und Wissenschaft sichergestellt.

Die Forschungsroadmap der Open Hybrid LabFactory leitet sich aus den Inhalten der Handlungsfelder ab und bildet die Grundlage für die weitere zeitliche Planung der Forschungsaktivitäten in der Open Hybrid LabFactory. Angelehnt an die Hauptphasen des ForschungsCampus ist auch die Einteilung der Forschungsziele zur „Vision 2030“ in drei Phasen untergliedert (Abbildung 5).

Im Handlungsfeld „Konstruktion / Simulation“ konzentrieren sich die Aktivitäten in der ersten Phase auf den Aufbau eines Methodenkatalogs für die Gestaltung von Multi-Material-Bauteilen, die Entwicklung von Berechnungsmethoden für Fügetechnologien sowie die Entwicklung von Optimierungs- und Validierungsmethoden für statische Lastfälle. In der zweiten Phase werden diese Inhalte durch Crash-Analysen, die Optimierung für dynamische Lastfälle und die Entwicklung von Methoden zur Berechnung von Dauerfestigkeit und Ausfallwahrscheinlichkeit sowie die Validierung im Versuch ergänzt. Die letzte Phase zur Vision 2030 sieht





Abbildung 4: Handlungsfelder der Open Hybrid LabFactory.

die Schaffung einer Konstruktions- und Optimierungsumgebung für komplexe Multi-Material-Bauteile unter der Berücksichtigung statistischer Effekte sowie einer gekoppelten, parametrischen CAD/FEM-Optimierung vor.

Das Handlungsfeld „Faser/Matrix/Halbzeug“ wird in der ersten Phase die Weiterentwicklung bestehender Matrix- und Fasersysteme aus Luft- und Raumfahrt vorantreiben, bevor in der zweiten Phase die Faserherstellung unter Automotive-Gesichtspunkten optimiert werden soll. Die Vision 2030 sieht schließlich eine für den jeweiligen Anwendungsfall designte, kostengünstige Faser- und Matrixqualität vor. Weitere Forschungsinhalte dieses Handlungsfelds bestehen in der Entwicklung lastpfadoptimierter Halbzeuge.

Im Handlungsfeld „Bauteilherstellung und Automatisierung“ erfolgt in der ersten Phase neben der Weiterentwicklung bestehender Technologien durch Grundlagenuntersuchungen zur Press-, Spritzguss- und Profilerverfahren die Optimierung bestehender Modelle und Methoden zur entsprechenden Prozesssimulation. Des Weiteren werden Technologien zur automatisierten Verkettung einzelner Prozessschritte evaluiert. Die zweite Phase hat die Optimierung bezüglich der Stückzahlen und Taktzeiten durch die Integration einzelner Fertigungsprozesse, z.B. Pressen/Spritzguss oder Pultrusion/Rollprofilieren sowie die Integration von Fertigungsoperationen in die automatisierte Handhabung zum Inhalt. In der Vision 2030 erfolgt die Kombination von integrierten Prozessen und funktionsintegrierter Handhabung zu automatisierten und varianten- sowie stückzahlgerechten Produktionskonzepten.



		Phase I 2013 - 2017	Phase II 2018 - 2022	Vision 2030
<b>Konstruktion und Simulation</b> <i>Prof. Vietor (TUBS, IK) Dr. Helm (VW, Vorentwicklung) Dr. Manz (VW, Entwicklung)</i>	<b>Simulation / Grenzschicht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimierungs- und Validierungsmethoden für statische Lastfälle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crash-Analysen und Optimierung für dynamische Lastfälle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konstruktionsumgebung mit Kopplung von parametrischer CAD/FEM-Optimierung</li> </ul>
<b>Faser/Matrix/Halbzeug</b> <i>Dr. Täger (VW, Forschung) N.N. (TUBS, Stiftungsprof.)</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Effiziente Prozesse für textile Halbzeuge, Prepregs und C-Fasern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alternative C-Fasern</li> <li>Automatisierung der Prozesskette Textiles Halbzeug und Prepreg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Serienreife Umsetzung der Faser- und Halbzeugherstellung</li> <li>Deutliche Kostensenkung</li> </ul>
<b>Bauteilherstellung und Automatisierung</b> <i>Prof. Dröder (TUBS, IWF) Hr. Ortel (VW, Komponente) Hr. Becke (VW, Produktion)</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Technologieentwicklung und Automatisierung von Prozessen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verfahrensoptimierung bzgl. Stückzahlen und Taktzeiten sowie Verfahrensintegration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wirtschaftliche Großserienfertigung</li> </ul>
<b>Bauteilqualität und Prüfmethodik</b> <i>Prof. Dölger (TUBS, Ifs) Dr. Wollenberg (VW, Forschung)</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlegende Messprinzipien zur Schadensdetektion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schadensauswirkungen</li> <li>Entwicklung von Verfahren zur Bauteilprüfung und Reparatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sicherung der Qualität hybrider Strukturen und Bauteile über die Gesamtlebensdauer</li> </ul>
<b>Umwelt und Recycling</b> <i>Prof. Herrmann (TUBS, IWF) Dr. Krinke (VW, Forschung)</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Recyclingkonzepte</li> <li>Life Cycle Assessment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recyclinggerechtes Design</li> <li>Recyclingtechnologien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umweltorientierte Analyse aller Bauteil-Prozess-Kombinationen</li> </ul>

Abbildung 5: Forschungsroadmap der Open Hybrid LabFactory.

Die Ziele und Inhalte im Handlungsfeld „Bauteilqualität und Prüftechnik“ bestehen in der ersten Phase in Entwicklung von Methoden zur Schadensdetektion sowie von Prüftechnik zur Bestimmung von Kenngrößen zur Auslegung hybrider Bauteile. In der zweiten Phase wird darüber hinaus an Reparaturkonzepten für Bauteile in Multi-Material-Bauweise geforscht. Die Vision 2030 sieht die Entwicklung von Systemlösungen und die Integration der Prüftechnik in großserienfähige Prozessketten vor.

Die Forschungsinhalte des Handlungsfelds „Umwelt und Recycling“ können in die drei Ebenen „Umweltbewertung“, „Recyclingtechnologien und Geschäftsmodelle“ sowie „Design for Environment mit neuen Werkstoffkombinationen“ unterteilt werden. Auf der Ebene der Umweltbewertung erfolgen in der ersten Phase unter anderem Arbeiten zur ökologischen Potenzialanalyse verschiedener Werkstoffe für hybride Anwendungen sowie die Vereinheitlichung der Life Cycle Assessment-Datenerfassung für Werkstoffe und Prozesse. Zur Vision 2030 werden diese Inhalte bis zur durchgängigen Aussagefähigkeit der Produktentwicklung durch die technische und inhaltliche Interoperabilität verschiedener IT-Anwendungen weiterentwickelt und sollen so eine richtungssichere Life-Cycle Umweltbewertung durch Informationsintegration entlang der Wertschöpfungskette ermöglichen. Auf der Ebene der Recyclingtechnologien und Geschäftsmodelle werden Recyclingtechnologien und Verwertungskonzepte für Multi-Material-Mischbauweisen hinsichtlich ihrer ökologischen und ökonomischen Eigenschaften bewertet und in der zweiten Phase Pilotverfahren für neue Recyclingtechnologien umgesetzt. Das Ziel in der Vision 2030 besteht in der Bereitstellung von Closed-

Loop-Recyclinglösungen für materialhybride Anwendungen. In Zusammenarbeit mit dem Handlungsfeld „Konstruktion / Simulation“ werden auf der Ebene des Designs for Environment Zusammenhänge zwischen Produkteigenschaften, Prozessen und Umweltwirkungen identifiziert, um über die gezielte Konstruktion mit Recyklaten und alternativen Werkstoffen (z.B. Biopolymere oder Naturfasern) in der Vision 2030 einen ökologisch optimierten Entwicklungsprozess mit den Aspekten Konstruktion, Fertigung und Umwelt zu ermöglichen.

Eine inhaltliche Ergänzung der Forschungsroadmap erfolgt durch die Beteiligung der Fraunhofer Gesellschaft in Form eines Projektzentrums in den Schwerpunkten Hybridisierung mit metallischer Matrix, textile Fertigungskette und E-Fahrzeugkomponenten.